

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Verfahren zur Feuchtebestimmung auf elektrochemischem Wege**
⑪ **DE 3500284 A1**

⑤1 Int. Cl. 4:
G01N 27/46

②1 Aktenzeichen: P 35 00 284.0
②2 Anmeldetag: 7. 1. 85
④3 Offenlegungstag: 10. 7. 86

Behördeneigentum

DE 3500284 A1

⑦1 Anmelder:
Speidel, Karl, Ing.(grad.), 8000 München, DE

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

⑤4 Verfahren zur Feuchtebestimmung auf elektrochemischem Wege

Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt die Potentialdifferenz zwischen einem edleren und einem weniger edlen Metall bei Anwesenheit eines Elektrolyten für die Feuchtemessung. Dies ist möglich, wenn der vorteilhaft aus einer niederprozentigen Lithiumchlorid-Lösung bestehende Elektrolyt von einer dünnen hygroskopischen Beschichtung der Feindrähte selbst oder des Grundkörpers einer Drahring-Kaskade als Tränkung aufgenommen und dann getrocknet wird. Durch dieses Prinzip, das sich sowohl für die Herstellung von Kleinsonden als auch von hochempfindlichen Hygrometer-Sensoren eignet, läßt sich beispielsweise eine relative Luftfeuchte zwischen etwa 30% und 100% meßtechnisch mit beachtlicher Genauigkeit und Zuverlässigkeit bei geringer Temperaturabhängigkeit erfassen. Eine Variante dient als Sensor für hauchdünne Oberflächenfeuchte. Die Drahring-Kaskade kann alternativ als Spannungsquelle in der Elektronik eingesetzt werden, wenn man sie diesem Zweck anpaßt.

DE 3500284 A1

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Bestimmung des Feuchtegehaltes von Gasen, Gasgemischen oder porösen Feststoffen, g e k e n n - z e i c h n e t durch die Verwendung dünner Drähte aus zwei verschiedenen Metallen oder Metall-Legierungen, alternativ auch mit verschiedenartigen Metall-Überzügen, die in der elektrochemischen Spannungsreihe eine ausreichende Distanz aufweisen, und eines hygroskopischen, mit einem geeigneten Elektrolyten getränkten und anschließend getrockneten, vorteilhaft aus Naturfasern bestehenden Materials, das entweder als sich auf den mittleren Bereich beschränkende einlagige Wicklung der auf besondere Art miteinander verdrehten, in den Außenbereichen mit einer Isolierung versehenen Drahtstücke dient, oder als dünne Beschichtung des stabförmigen Trägers mehrerer Drahtringe benutzt wird, die auf der Beschichtung ruhen, im Wechsel aus den beiden verschiedenen Metallen bestehen, einen gegenseitigen Abstand von einigen Millimetern haben und zunächst durch einen in Trägerlängsrichtung verlaufenden Draht leitend miteinander verbunden sind, dann jedoch durch Auftrennen des Längsdrahtes sowie der hygroskopischen Beschichtung in jedem zweiten Zwischenfeld - das Auftrennen hat im Wechsel zu erfolgen - eine elektrochemische Kaskade bilden, deren umgebungsfeuchteabhängige Potentialdifferenz von den beiden verschiedenartigen Ausenringen abgegriffen, mit Hilfe eines Verbindungskabels von erforderlichenfalls beträchtlicher Länge auf einen Analog/Digital-Umsetzer übertragen und dort angezeigt und/oder ausgedruckt wird, wofür im Normalfalle die Angabe des jeweiligen Spannungswertes genügt, bei höheren Ansprüchen jedoch mittels einer geeigneten Schaltung die Umwandlung in einen Zahlenwert vorgenommen werden kann, der beispielsweise der relativen Luftfeuchte in Prozent - mit einer Dezimalstelle - entspricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n z e i c h -
n e t , daß das Verdrillungsprinzip ganz besonders für die
Herstellung robuster Sensoren geeignet ist, die eine Meß-
kopflänge von nur 10 bis 20 mm und einen Durchmesser von
nur 2 bis 3 mm aufweisen und die Feuchtesondierung in engen
Bohrkanälen oder in abgeschlossenen Hohlräumen, die nur
mit einer kleinen Bohrung zugänglich gemacht werden dür-
fen, selbst jedoch sehr ausgedehnt sein können, erlauben.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch g e k e n n z e i c h -
n e t , daß die Länge der vorteilhaft aus dünnem Baumwoll-
oder Leinengarn bestehenden hygroskopischen Wicklung dop-
pelt so groß ist wie die Meßkopflänge, weil der Wicklungs-
bereich nach Verdrillung der beiden verschiedenartigen
Drahtstücke in seiner Mitte um 180 Grad abgeknickt wird,
bevor die endgültige Verdrillung der isolierten Drahtenden
mit sich selbst und dann gegenseitig erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n z e i c h -
n e t , daß die Feuchtesondierung in engen Bohrkanälen bei
besonders kurzer Ansprechzeit und genauer Lokalisierbar-
keit der jeweiligen Meßstelle mit Hilfe eines dünnen Stab-
sensors durchgeführt wird, der kopfseitig zwei abgewinkel-
te, diametral spreizbare Drahtspitzen oder Drahtbürstchen
trägt, die aus den verschiedenartigen Metallen bestehen
und den Feuchtezustand der während des Abtastvorganges
jeweils berührten Lochleibungsbezirke als variablen Span-
nungswert über das Verbindungskabel an das Digitalvolt-
meter mit hochohmigem Eingang weitermelden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch g e k e n n z e i c h -
n e t , daß eine Potentialdifferenz schon bei Vorhandensein
einer extrem dünnen Feuchtigkeitsschicht auftritt, woraus
folgt, daß das Prinzip bei zweckmäßiger Abwandlung für die
Nutzung in einem Taupunkthygrometer, dessen abzukühlende
Fläche mit einem Isolator beschichtet sein muß, geeignet
ist und eine optische Überwachung entbehrlich macht.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der stabförmige Träger der elektrochemischen Kaskade, die man als Bimetall-Kaskade bezeichnen könnte, aus Hart-PVC oder einem sonstigen robusten Kunststoff bzw. Kunstharz besteht und vorteilhaft als dünnwandiger, stark perforierter Hohlzylinder ausgebildet ist, der einen besonders raschen Anpassungsvorgang an das Feuchtemilieu der Umgebung ermöglicht.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß als hygroskopische Beschichtung des Trägers vorteilhaft eine dünne Saugpapierhülle oder ein Feingewebebestrumpf verwendet werden, wobei Materialien mit möglichst geringer Sorptions/Desorptions-Hysteresis zu bevorzugen sind, wie dies beispielsweise für Leinen zutrifft.
8. Verfahren nach Anspruch 1 und weiteren Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß als Elektrolyt vorteilhaft eine wässrige Lösung von Lithiumchlorid in einer Verdünnung benutzt wird, die eine Rücktrocknung des schon bei niedriger Relativfeuchte zerfließlichen Salzes mit ausreichender Sicherheit gewährleistet.
9. Verfahren nach Anspruch 1 und weiteren Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß auf dieser Konzeption beruhende Bimetall-Sensoren für die Verwendung in Überwachungs- oder Warnsystemen nicht zuletzt deshalb ganz besonders geeignet sind, weil sie das gewünschte Spannungssignal ohne Fremdstromversorgung selbst erzeugen und auch auf größere Entfernung über normale zweiadrige Kupferleitungen ohne Zwischenschaltung eines Verstärkers an die Kontrollzentrale weitergeben.
10. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Bimetall-Kaskade bei Verwendung einer höheren Elektrolyt-Konzentration als Spannungsquelle in der Elektronik eingesetzt und dafür zweckentsprechend abgewandelt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch g e k e n n z e i c h -
n e t , daß die Registrierung eines hauchdünnen Feuchtig-
keitsfilmes besonders effektiv und zuverlässig durch
Verwendung von elektrolytgetränkten saugfähigen Kontakt-
schichten ermöglicht wird, die mit den beiden Metallen in
Verbindung stehen und auf der Kühlfläche ruhen, wobei ein
gewisser Abstand zwischen den Kontaktzonen einzuhalten
ist, dessen Überbrückung durch den Feuchtigkeitsfilm er-
folgt, was das unverzügliche Auftreten einer leicht meß-
baren Potentialdifferenz zwischen den beiden Metallen zur
Folge hat.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch g e k e n n z e i c h -
n e t , daß sich dieses Meßprinzip auch für die Auffin-
dung tauwassergefährdeter Bereiche auf der raumseitigen
Oberfläche von umschließenden Bauteilen sehr gut eignet,
wenn man erforderlichenfalls zwecks Untersuchung rauher
oder stark saugfähiger Oberflächen eine dünne, glatte Fo-
lie auflegt, bevor man die Messung durchführt.

B e s c h r e i b u n g

Eines der schwierigsten Probleme auf dem Gebiet der Sensorik stellt die Messung der relativen Feuchtigkeit der Luft oder auch anderer Gase bzw. Gasgemische dar. Die Bestimmung des Feuchtegehaltes poröser Feststoffe stößt ebenfalls, vor allem im unteren Feuchtebereich, auf ungewöhnliche Hindernisse.

In der Hygrometrie nutzt man die Längenänderung von Natur- oder Kunsthaar, die Kapazitätsänderung miniaturisierter Plattenkondensatoren mit hygroskopischem Dielektrikum, die Abkühlung einer verspiegelten Metallfläche bis zum Auftreten des ersten Tauwasserniederschlages, die Gleichgewichtstemperatur von Lithiumchlorid im Umwandlungspunkt Lösung/Salz und die Leitfähigkeitsänderung der hygroskopischen Beschichtung von Kunststoffplättchen als physikalische Erscheinungen, die mit der jeweiligen Relativfeuchte der Umgebungsluft in Zusammenhang stehen. Als Meßnormal wird bevorzugt das Aspirationspsychrometer nach ASSMANN auf Grundlage der SPRUNGSchen Formel verwendet, bei dem die Temperaturdifferenz zwischen einem Trocken- und einem Feuchtthermometer, das in einem künstlichen Luftstrom auf die Verdunstungskälte reagiert, auf die Umgebungsluftfeuchte schließen läßt.

Alle biher bekannt gewordenen Methoden leiden unter einer unbefriedigenden Meßgenauigkeit und einem ziemlich komplizierten Geräteaufbau. Die bei der Feuchtebestimmung im Inneren oder an der Oberfläche von Feststoffen fast ausschließlich angewandte Widerstandsmessung zwischen zwei Elektroden führt erfahrungsgemäß nur bei häufig verarbeiteten Holzarten zu einigermaßen brauchbaren Werten.

Die bei bauphysikalischen Untersuchungen besonders oft erforderliche Bohrloch- oder Hohlraumsondierung ist wegen der sperrigen Sensoren mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Dem Wunsch nach weitestgehend zerstörungsfreier Prüfung kann nur selten entsprochen werden; die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes ist manchmal sehr aufwendig.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens lassen sich die Hauptprobleme der bisher zur Verfügung stehenden Methoden für die Luft- oder Stoff-Feuchtemessung vermeiden:

Bringt man ein edleres und ein unedleres Metall mit der wässrigen Lösung eines Elektrolyten in Kontakt, bildet sich unverzüglich eine Potentialdifferenz zwischen den beiden Metallen aus, wobei das edlere positiv gegen das unedlere wird. Diese Gleichspannung läßt sich auf einem Digitalmulti- oder -voltmeter mit hohem Eingangswiderstand exakt zur Anzeige bringen.

Durch Tränkung einer hygroskopischen Beschichtung der beiden Metalle mit der Elektrolyt-Lösung und anschließende Trocknung wird erreicht, daß die Potentialdifferenz fast auf Null sinkt. Setzt man nun die Versuchsanordnung einer Umgebungsluft mit ungefähr 40 Prozent relativer Feuchtigkeit aus, dann setzt sich die hygroskopische Beschichtung ins Feuchtegleichgewicht und beeinflußt dadurch den Elektrolyten, der den Aufbau einer kleinen Potentialdifferenz verursacht. Bei Erhöhung der relativen Luftfeuchte verschiebt sich auch die Gleichgewichtsfeuchte, die Elektrolyt-Tränkung wird aktiver und die Potentialdifferenz nimmt zu. Sie erreicht ihren Endwert, wenn die Umgebungsluft ihren Sättigungszustand, also eine Relativfeuchte von >99% aufweist. Die Höhe der meßbaren Spannung hängt in erster Linie von der Distanz der beiden Metalle in der elektrochemischen Spannungsreihe ab, bei der die Wasserstoff-Elektrode als Null-Linie gewählt ist, auf die sich die Normalpotentiale sämtlicher Metalle beziehen.

Verwendet man die wässrige Lösung eines zerfließlichen und somit hochhygroskopischen Salzes als Elektrolyten, dann besteht im Falle einer unzureichenden Verdünnung die Gefahr, daß die Abhängigkeit der Potentialdifferenz von der Relativfeuchte der Umgebungsluft verloren geht, weil das Salz begierig Wasserdampf aufnimmt und die Ausbildung einer Gleichgewichtsfeuchte in der hygroskopischen Beschichtung verhindert. Dies trifft beispielsweise bei der Verwendung von Lithiumchlorid zu. Der optimale Verdünnungsgrad, bei dem einerseits die

Beeinträchtigung der Beschichtungsanpassung vermieden und andererseits eine zu starke Austrocknung in feuchter Umgebung unterbunden wird, hängt von verschiedenen Einflußgrößen ab und kann nur im Versuch ermittelt werden. Eine Masserelation $\text{LiCl} / \text{H}_2\text{O} = 1 : 20$ gibt allenfalls einen groben Anhalt für einen brauchbaren Verdünnungsgrad.

Diese grundsätzlichen Überlegungen und die darauf beruhenden Vorversuche waren Ausgangsbasis für die erfindungsgemäßen Feuchte-Sensoren, die für zwei verschiedene Einsatzfälle zu optimieren waren:

Im ersten Falle ging es um die Herstellung einer möglichst robusten Kleinsonde zur Einführung in enge Bohrkanäle oder kleine Erschließungslöcher von Hohlräumen. Diese Sonde sollte vor allem Aufschluß über Änderungen der Umgebungsfeuchte geben und auch auf geringste Schwankungen reagieren. Als sekundäre Aufgabe sollte ihr eine möglichst zuverlässige Bestimmung der relativen Luftfeuchte in Hohlräumen obliegen.

Im zweiten Falle war ein Sensor zu entwickeln, der als Teil eines hochempfindlichen Hygrometers, das nicht nur für bauphysikalische, sondern auch für meteorologische Zwecke einzusetzen wäre und den bekannten Systemen deutlich überlegen sein müßte, wobei der Meßbereich eine relative Luftfeuchte zwischen ungefähr 30 % und 100 % erfassen sollte.

Die Kleinsonde besteht aus zwei dünnen Drahtstücken unterschiedlicher Metalle, die jeweils im mittleren Fünftel eine dichte einlagige Wicklung aus dünnem, farblosem Baumwollgarn erhalten. Die äußeren Drahtbereiche werden mit einer dünnen Isolierschicht umhüllt, die im Tauchverfahren aufgebracht werden kann. Nach ausgiebiger Tränkung der beiden Wicklungen mit einer wässrigen Lösung von Lithiumchlorid und nach Entfernung der überschüssigen Flüssigkeit werden die Drähte zuerst im Wicklungsbereich gegenseitig und dann in den Isolierungsbereichen jeweils mit sich selbst verdreht, nachdem man sie in der Mitte um 180 Grad abgelenkt hatte. Als letzter Arbeits-

gang folgt die gegenseitige Verdrillung der Isolierungsbereiche und die Anbringung zweier Ministecker, für die zweckmäßigerweise beim edleren Metall die Farbe Rot und beim anderen die Farbe Schwarz gewählt wird. Nach Trocknung der hygroskopischen Wicklung in feuchtem Warmluft ist die Sonde einsatzbereit. Durch ein zweiadriges Meßkabel wird die Verbindung mit einem Digitalvoltmeter oder -multimeter hergestellt, dessen Eingangswiderstand möglichst hochohmig sein sollte und dessen Auflösung bis in den Mikrovoltbereich geht.

Zum Zwecke der Kalibrierung führt man den Kopf der "Bimetallsonde" in relativ kleine Testgefäße mit gesättigten Salzlösungen verschiedener Art ein, in denen sich über den Salzresten eine stabilisierte Relativfeuchte der Luftschicht ausgebildet hat. Zur Vermeidung einer Störung dieses Prozesses wurde die möglichst kleine Öffnung mit weichem Plastilin verschlossen, das später zum Abdichten der Sondeneintrittsstelle verwendbar ist. Wegen des geringen Gefäßvolumens kann auf eine künstliche Luftumwälzung verzichtet werden.

Bei sinnvoller Abstimmung des Verdünnungsgrades der LiCl-Lösung mit der hygroskopischen Wicklung erhält man eine weitgehend driftfreie Spannungsanzeige, deren Wert mit zunehmender Relativfeuchte der jeweiligen Testgefäße auf ein Maximum ansteigt, das im oberen Millivoltbereich liegt und ungewöhnlich stabil bleibt. Dieses Spannungsmaximum über destilliertem Wasser hängt in erster Linie von der Metallkombination ab.

Da die Feuchte-Kennlinien stetig verlaufen müssen, können sie unter Verwendung von vier bis fünf Kalibrierungsfestpunkten in guter Näherung aufgezeichnet werden.

Beim Vergleich mehrerer Bimetallsonden derselben Gruppe kann man feststellen, daß nur unbedeutende Kennlinien-Unterschiede auftreten. Diese Tatsache ist für den praktischen Einsatz von großem Vorteil, weil sie den Sondenaustausch vereinfacht. In harten Versuchsreihen hat sich bereits herausgestellt, daß die Robustheit des Sondenkopfes aufgrund des erfindungsgemäßen Verdrillungsprinzips ganz beachtlich ist.

07.01.68

3500284

9.

Als Alternative zur beschriebenen Kleinsonde eignet sich in bestimmten Fällen der Bohrkanaluntersuchung eine dünne Stabsonde, die anstelle eines hygroskopischen Meßkopfes nur zwei abgewinkelte Drahtspitzen oder -bürstchen trägt, die aus den verschiedenartigen Metallen bestehen und mit Hilfe einer einfachen Vorrichtung so weit auseinander gespreizt werden können, daß sie die Lochleibung an zwei einander diametral gegenüberliegenden Stellen berühren. Bei Vorhandensein einer bestimmten Mindestfeuchte im angebohrten Material wird sich nach Ableitung der Bohrwärme auch an der Lochleibung eine Wasserhaut bilden, die zwischen den beiden Metallfühlern eine Potentialdifferenz erzeugt, die mit einem hochempfindlichen Digitalvoltmeter, dessen Eingangswiderstand sehr groß sein muß, registriert werden kann. Der Spannungswert erhöht sich mit zunehmender Feuchte und bewegt sich, wie Versuche beweisen, vom Mikrovolt- in den unteren Millivolt-Bereich.

Im Interesse einer möglichst großen Potentialdifferenz sollten Metalle gewählt werden, deren Normalpotential sehr weit auseinander liegt, wie beispielsweise Gold und Aluminium.

Da im Regelfalle die Spannung bei jedem Abtastvorgang nach Erreichung eines bestimmten Meßwertes zurückgeht, ist dieses Prinzip vor allem dann sinnvoll, wenn in kürzester Zeit merkliche Feuchtigkeitsunterschiede im Bohrkanalbereich ermittelt werden sollen.

Als Grundkörper ist ein dünnes Kunststoffröhrchen zweckmäßig, das im Hohlraum einen Zug- oder Druckdraht für die Spreizvorrichtung und auf seiner Oberfläche die Zuleitungsdrähte zu den Fühlern enthält.

Mit Hilfe eines Bimetall-Bürstensors, der auf demselben Grundgedanken beruht, ist es möglich, hauchdünne Wasserschichten auf einigermaßen glatten Oberflächen aufzuspüren. Dies erlaubt beispielsweise eine rasche und zuverlässige Registrierung des ersten Tauwasserniederschlages auf einer sich langsam abkühlenden Metallplatte, die mit einer dünnen Isolierschicht überzogen ist, damit kein Kurzschluß auftritt.

Im Unterschied zum bekannten Taupunkthygrometer mit Metallspiegel ist keine optische Überwachung, die Ungenauigkeiten zur Folge haben kann, erforderlich. Die Messung der Oberflächentemperatur wird am besten auf berührungslose Weise mittels Infrarot-Sensor durchgeführt.

Ähnliche Anwendungsmöglichkeiten für einen Bimetall-Bürstensor bietet die Bauphysik, wo es oft darum geht, tauwassergefährdete Bereiche der umschließenden Bauteile ausfindig zu machen, um geeignete Abhilfemaßnahmen treffen zu können.

Der Hygrometer-Sensor für die zweite Entwicklungsaufgabe unterliegt keiner einengenden Dimensionsbegrenzung. Aus diesem Grunde stellt er erfindungsgemäß ein Bimetall-Kaskadensystem dar, das in Abhängigkeit von der Stufenzahl die jeweilige Potentialdifferenz vervielfacht und auf diese Weise für anspruchsvolle Messungen auch im unteren Feuchtebereich geeignet macht.

Ein vorzugsweise hohlzylindrischer, dünnwandiger und stark perforierter Grundkörper aus Hart-PVC oder einem sonstigen robusten Kunststoff bzw. Kunstharz wird mit einer dünnen Saugpapierhülle oder einem Feingewebestrumpf umgeben. Nach Auflegen eines weichen Längsdrahtes versieht man den Grundkörper mit blanken Feindrahttringen aus den beiden unterschiedlichen Metallen, die im Wechsel aufzubringen sind und eine jeweilige Distanz von ungefähr 6 bis 10 mm haben können. Wenn der Anfangsring aus dem Metall A besteht, benutzt man für den Endring das Metall B. Nun wird der Längsdraht, beginnend mit den Außenfeldern, in jedem zweiten Zwischenfeld durchtrennt und mit seinen jeweiligen Überständen um die zugehörigen Ringe gebogen. Dann durchtrennt man die Umhüllung in den Zwischenfeldern, die noch Längsdraht-Reststücke besitzen, in der Weise, daß schmale Streifen entfernt werden können. Nach Tränkung der Umhüllungsrestringe mit wässriger Lithiumchlorid-Lösung und anschließender Trocknung versieht man die beiden Außenringe aus den Metallen A und B mit Ministeckern, für deren Anschluß freie Draht-Enden belassen worden waren. Damit die Stecker nebeneinander liegen können, wird ein Anschlußdraht durch den Hohlzylinder hindurch auf die andere Seite geführt.

Anstelle des zunächst durchlaufenden Längsdrahtes lassen sich auch kurze Drahtstücke aus dem edleren Metall A verwenden, die U-förmig vorgebogen und beim Aufbringen der Ringe an den richtigen Stellen eingelegt werden. Dann biegt man die hochstehenden U-Balken um die zugehörigen Ringe herum, wodurch auch bei dieser Methode ein sicherer Kontakt erzielt wird. Als dritte Möglichkeit ist der Einsatz kurzer Drahtbrücken denkbar, die mit Weichlötung befestigt werden.

Unabhängig von den zweckmäßigsten Herstellungsdetails ist vor allem die Schaffung möglichst gleichartiger elektrochemischer Einzelstufen von Bedeutung, die in kürzester Zeit auf wechselnde Relativfeuchte der Umgebungsluft reagieren und weitgehende Hysteresefreiheit aufweisen. Die Verwendung von Leinenfasern für die hygroskopische Umhüllung des Grundkörpers verspricht besonders günstigen Effekt. Die Drahtringe können aus einer oder zwei Windungen bestehen; im Normalfalle wird man für die Kaskade 10 Stufen benutzen und dadurch die Dimensionen des Sensors verhältnismäßig knapp halten. Obwohl grundsätzlich auch eine 20-stufige Kaskade denkbar wäre, käme die Serienschaltung von zwei oder auch mehr Kaskaden zwecks Erzielung noch höherer Meßspannungen eher in Betracht.

Mit Hilfe eines Kleinstlüfters läßt sich die Sondenanpassung an das Feuchtemilieu der Umgebung beschleunigen, die Perforation des Grundkörpers verbessert die rückseitige Reaktion der hygroskopischen Umhüllung.

Als Metallkombinationen wurden für die bisherigen Versuchsreihen die Paarungen Gold/Aluminium, Gold/Zink, Gold/Eisen, Gold/Zinn, Gold/Silber, Silber/Aluminium, Silber/Zink, Silber/Zinn, Kupfer/Zink und Kupfer/Eisen eingesetzt. Der maximale Drahtdurchmesser betrug 0,5 mm. Es hat sich gezeigt, daß auch Legierungen wie beispielsweise Messing durchaus infrage kommen; ferner haben sich elektrolytische Überzüge von ausreichender Schichtdicke als geeignet erwiesen. Man kann somit zwischen reinem und vergoldetem Silberdraht eine Potentialdifferenz erzielen, die allerdings verhältnismäßig gering ist. Die Paarung Gold/Zinn dürfte sich in aggressiver Luft eignen.

12.

Da eine Bimetall-Kaskade mit 10 Stufen Maximalspannungen von ungefähr 9 Volt erzeugen kann, läßt sie sich auch als Spannungsquelle für elektronische Kleingeräte verwenden, die im untersten Leistungsbereich liegen. Durch Parallelschaltung mehrerer Kaskaden kann man die Stromstärke vergrößern. Der Elektrolyt müßte bei dieser Anwendungsart eine höhere Konzentration aufweisen, damit keine unerwünschte Trocknung eintritt. Durch diesen Erfindungsgedanken wird eine Alternative für Solarzellen geschaffen, die infolge ihrer Abhängigkeit von der Strahlungsintensität einen Stromsammler benötigen, der bei der Bimetall-Kaskade überflüssig wäre.

THIS PAGE BLANK (USPTO)